

## ANÁLISIS DE LA ISLA DE CALOR URBANA: NUEVOS MÉTODOS Y TECNOLOGÍAS

SEGOVIA DURÁN AUGUSTO HUMBERTO  
Y DAVID MORILLÓN GÁLVEZ

Isla de calor urbana (ICU) se refiere a las temperaturas elevadas que se presentan en el área urbana y suburbana de la ciudad, en comparación con las temperaturas de los alrededores o periferia (U.S. Environmental Protection Agency, 2008). Los principales factores causantes de este fenómeno pueden deberse a diversas causas, como:

- 1) El almacenamiento de calor, debido a las propiedades o características térmicas de los materiales de construcción utilizados en las calles, banquetas y edificios.
- 2) La geometría de las ciudades, donde el arreglo de las calles y edificios propicia que la radiación solar incidente se refleje en paredes, fachadas, tejados y suelos; gran parte de esta radiación se almacena, lo que altera el equilibrio en el intercambio de calor en el entorno urbano construido, afectando patrones de soleamiento y viento, que da como resultado un aumento de la temperatura del aire.
- 3) El cambio de uso de suelo y reducción de área verde, donde la sustitución de la superficie natural original por

un suelo asfaltado, concreto o adoquín, provoca la disminución de la evaporación, por tanto, se afecta la humedad del aire, disminuyendo el enfriamiento evaporativo del ambiente; además de que se afectan otros beneficios como la sombra producida por la vegetación.

- 4) La contaminación atmosférica, la cual provoca que la radiación emitida del suelo (Albedo, entre otros) hacia la atmósfera choque con las partículas contaminantes en la atmósfera urbana, por lo que parte de esta radiación es absorbida y emitida de regreso por dicha capa, fomentando un efecto invernadero local en las ciudades.
- 5) Las actividades antropogénicas que generan calor procedente de diferentes actividades y procesos de combustión como el transporte, los equipos de aire acondicionado, alumbrado público, etc.

La isla de calor urbana conlleva a un conjunto de efectos con incidencia directa sobre la población. Varios trabajos de investigación que han estudiado el fenómeno (Elsayed, 2012; Santamouris, 2001) han demostrado que de los principales efectos de la isla de calor recae en la economía, debido al aumento del consumo de energía para enfriamiento de los edificios de la ciudad. Este efecto ha sido demostrado para algunas ciudades, como en Los Ángeles (EE. UU.), donde la demanda energética llega a representar un aumento entre 5 y 10% del total de la energía consumida, lo que se traduce en un costo adicional cercano a los 100 millones de dólares al año.

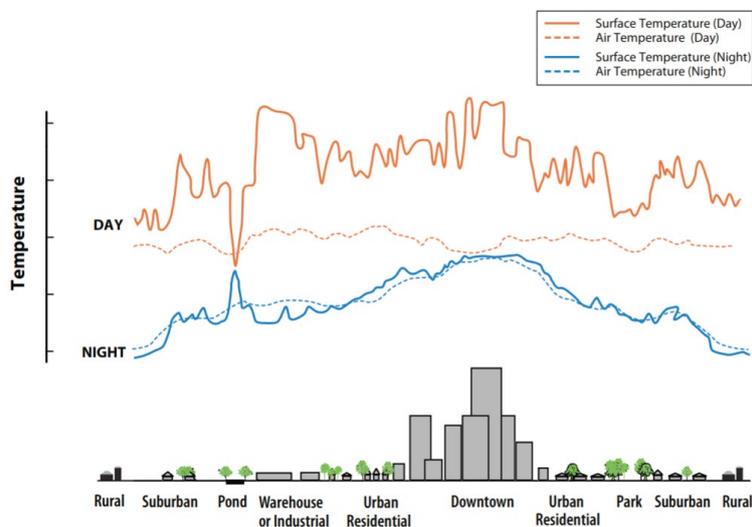


Figura 1. Intensidad de la Isla de Calor Urbano; US Environmental Protection Agency (2008)

El impacto en la salud de las personas es también otro efecto de las islas de calor (Miron *et al.* 2007; Martínez *et al.* 2004). Al estar mucho tiempo en exposición a un ambiente con temperaturas altas, puede provocar problemas como el agotamiento por deshidratación, calambres, golpes de calor e incluso la aparición de enfermedades cerebrovasculares. También, puede repercutir en el incremento de la mortalidad y la aparición de serios problemas respiratorios como consecuencia del aumento de los niveles de contaminación en la atmósfera (Ballester *et al.* 2003). Estos problemas respiratorios son producto de la acumulación de contaminantes (PM10, humos negros, SO<sub>2</sub>, NO, CO) debido a la imposibilidad de dispersión (Sailor, 2004).

De Foy (2012) examinó las variaciones estacionales de la ICU, utilizando el espectrorradiómetro de imágenes de resolución moderada (MODIS, por sus siglas en inglés), observaciones meteorológicas de superficie y el modelo de investigación y pronóstico meteorológico (WRF, por sus siglas en inglés). Las simulaciones WRF con el modelo Urban Canopy Model de una sola capa se inicializaron con datos MODIS, especialmente para el parámetro de fracción urbana. El modelo se utilizó para probar el impacto de los cambios en la fracción de vegetación en el área urbana, lo que indica que el aumento de la vegetación reduciría tanto el ICU de la superficie terrestre como el ICU de la temperatura del aire durante la noche.

En la revisión sobre la isla de calor urbano, con base en el análisis de los antecedentes (Woong Kim S., 2021), se resalta la necesidad de mayor investigación, para estimar y analizar con precisión la intensidad y magnitud de las ICU.

### Métodos para evaluar la isla de calor

La evaluación del clima urbano, con objeto principal de monitoreo continuo, es definido como un clima regional modificado como consecuencia de la acción humana, cuya característica más destacable es el aumento de las temperaturas del aire con respecto al ambiente rural inmediato. El proceso de urbanización que da lugar al clima urbano puede ser expresado en términos de concentración de población, cambios en los materiales en la superficie terrestre y en la expansión de los espacios para habitar. Para evaluar el impacto de la urbanización en el clima regional existen cinco métodos principales:

- 1) Comparación de datos climatológicos entre estaciones urbanas, suburbanas y rurales, bajo la misma influencia de los sistemas meteorológicos de mesoescala, que son fenómenos que comprenden

entre 2 y 20 km de extensión territorial con una duración temporal de horas.

- 2) Realización de recorridos con vehículos instrumentados en trayectos previamente planeados, para identificar procesos que ocurren dentro de los 200 m en el espacio y que se manifiestan en minutos a pocas horas (Orlanski, 1975).
- 3) Análisis de series de tiempo para relacionar el crecimiento urbano con el clima de la ciudad en mesoescala.
- 4) Análisis de imágenes satelitales en las bandas térmicas infrarrojas (IR), al igual que los anteriores, se ubica dentro de la mesoescala.
- 5) Implementación de modelos físicos o numéricos para simular los fenómenos que ocurren dentro de las ciudades, generalmente en la microescala (hasta 2 km con duración de unos pocos minutos en algunas horas) (Orlanski, 1975).

### Propuesta

Se propone aprovechar la tecnología nueva, como los vehículos aéreos no tripulados (VANT), para el análisis de las ICU mediante imágenes termográficas.

El uso de VANT para analizar el comportamiento térmico de las islas de calor no ha sido aplicado, si el uso de las imágenes térmicas, como el caso descrito por Soto-Estrada (2017), donde se menciona que las ICU pueden ser estudiadas a partir de valores de la Temperatura de superficie terrestre, los cuales, son obtenidos a partir de datos satelitales como el LANDSAT 4, 5 (TM), así como otras herramientas: Emisión y Reflexión Térmica Avanzada del Espacio (ASTER), Espectrorradiómetro de Imágenes de Resolución Moderada (MODIS), Radiómetro Avanzado de Muy Alta Resolución (AVHRR), etc. De igual manera, se especifica que las interferencias atmosféricas y la morfología del terreno determinan la radiación solar que llega a la superficie, por tanto, la intensidad del ICU, afectan las estimaciones de la temperatura de la superficie terrestre (LST por sus siglas en inglés). De esta manera, si se utiliza un VANT, con sensor térmico para recolectar datos sobre tipos de cobertura terrestre natural (vegetación del suelo y árboles) y artificial (concreto, asfalto y tejas de arcilla), obteniendo la información térmica proporcionada por el dron, se puede superar las limitaciones de los datos derivados del satélite, en términos de resolución espacial, temporal y radiométrica, apoyando así, en la determinación de las estrategias necesarias para la mitigación de ICU.

Rakha Y. *et al* (2018) utilizaron los VANT para apoyar en las auditorías energéticas, permitieron analizar problemas

de infiltración/exfiltración de forma rápida y precisa al tiempo que redujeron los costos operativos para minimizar los riesgos de seguridad. Aquí, se especifican bases para la metodología de esta técnica, empezando por la ruta de vuelo, sensores termográficos, el postprocesamiento de las imágenes y el desarrollo de un caso de estudio. Se concluye que “La tecnología infrarroja se puede adaptar como una herramienta de diagnóstico útil, así como un sistema de monitorización para reducir costos”.

Otra aplicación similar a partir de VANT es el uso de imágenes térmicas infrarrojas obtenidas por drones, para medir las temperaturas de la superficie y luego usar estos valores para calibrar modelos numéricos, con ello, dejar de usar valores obtenidos por termómetros de globo que son propensos a errores (Fabbri V. *et al* 2020). Todo esto, con el fin de estimar diferentes índices térmicos y empíricos (PMV), mediante el valor de la temperatura media radiante. Finalmente, se desarrollarán simulaciones en el *software* ENVI-met para comparar sus resultados con mediciones experimentales.

También, se realizarán comparaciones *in situ* de datos obtenidos por VANT y por satélites Landsat, donde se encontraron concordancia entre los valores de LST medidos *in situ* y los medidos por los VANT para la mayoría de los objetos-superficies, concluyendo que las mediciones térmicas a partir de esta tecnología pueden ser usados para estudiar el entorno térmico de la ciudad (Tepanosyan G. *et al* 2021).

Actualmente, en el Instituto de Ingeniería se está desarrollando como proyecto de investigación la aplicación y uso de VANT e imágenes termográficas para el análisis de la isla de calor urbana en Ciudad de México, para identificar no sólo las islas de calor a nivel macro (Figura 2), sino también, las específicas para relacionarlas con los materiales de construcción, las áreas verdes y la densidad de tráfico, para plantear estrategias de mitigación que se vuelvan base de normatividad. |

## Referencias

Ballester, F. *et al.* (2003). “Relación a corto plazo de la contaminación atmosférica y la mortalidad en 13 ciudades españolas”. *Medicina Clínica*, 121(18), 684-689.

Cui, Y. Y. y De Foy, B. (2012). Seasonal Variations of the Urban Heat Island at the Surface and the Near-Surface and Reductions due to Urban Vegetation in Mexico City. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 51, 855-868.

Elsayed, I. (2009). Mitigation of the Urban Heat Island of the City of Kuala Lumpur, Malaysia; *Middle East Journal of Scientific Research* 11, 1602-1613; (2012).

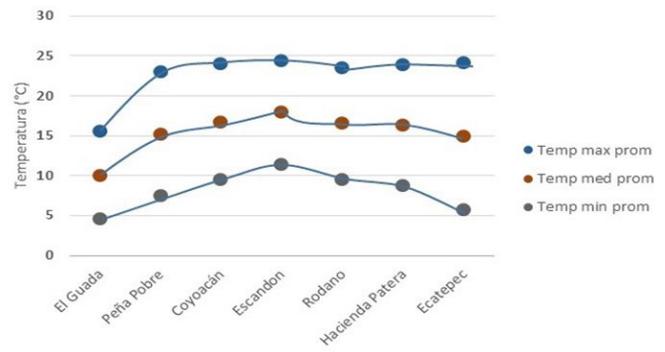


Figura 2. Temperaturas en la Ciudad de México de la isla de calor a nivel macro (Avenida Insurgentes)

U.S. Environmental Protection Agency, 2008. Reducing urban heat islands: Compendium strategies.

Fabbri, V. y Costanzo, V. (2020). Drone-assisted infrared thermography for calibration of outdoor microclimate simulation models; *Sustainable Cities and Society*, Volume 52.

Martinez, F. *et al.* (2004). “Valoración del impacto de la ola de calor del verano de 2003 sobre la mortalidad”. *Gac Sanit*, 18 (Supl 1), 250-258.

Orlanski, I. A rational subdivision of scales of atmospheric processes; *Bulletin of the American Meteorological Society*, 56 (1975), pp. 527-530.

Rakha, T. y Gorodetsky, A. (2018). Review of Unmanned Aerial System (UAS) applications in the built environment: Towards automated building inspection procedures using drones. *Automation in Construction*, volumen 93.

Sailor, D. J. y LU, L. (2004). “A top-down methodology for developing diurnal and seasonal anthropogenic heating profiles for urban areas”. *Atmospheric Environment*, 38(17), 2737-2748.

Santamouris, M. *et al.* (2001). On the impact of urban climate on the energy consumption of buildings; *Solar Energy*, Vol 70, 201-216.

Soto-Estrada, E.; Correa-Echeverri, S. y Posada-Posada, M. (2017). Thermal analysis of urban environments in Medellin, Colombia, using an Unmanned Aerial Vehicle (UAV), *Journal of Urban and Environmental Engineering*, Volumen 11 (2).

Tepanosyan, G.; Muradyan, V.; Hovsepian, A.; Pinigin, G.; Medvedev, A. y Asmaryan, S. (2021). Studying spatial-temporal changes and relationship of land cover and surface Urban Heat Island derived through remote sensing in Yerevan, Armenia, *Building and Environment*, Vol. 187.

Wong Kim, S. y Brown, R. D. (2021). Urban heat island (UHI) intensity and magnitude estimations: A systematic literature review; *Science of The Total Environment*, Volumen 779.